

Requested Patent: DE3620137A1

Title: POWER-WRENCH, A BOILING SPINDLE AND AN OPERATIONAL METHOD ;

Abstracted Patent: US4813312 ;

Publication Date: 1989-03-21 ;

Inventor(s): WILHELM RAIMUND (DE) ;

Applicant(s): WILHELM RAIMUND (DE) ;

Application Number: US19870044777 19870501 ;

Priority Number(s): DE19863620137 19860614 ;

IPC Classification: ;

Equivalents: EP0249659, A3, B1

ABSTRACT:

A power-wrench bolting spindle (1) is used to insert and tighten screws or nuts. The bolting spindle is driven at one end by a motor through a reduction gear (5) and at its other end a bolting tool is seated. A torque sensor (7) is mounted between the motor and the spindle. During bolting, other essential data besides the bolting torque are ascertained. The bolting spindle is equipped with a depth sensor (24) connected to the regulating circuit to measure the depth of bolting. An angular-speed sensor is connected to the regulating circuit and measures the motor or spindle angular speed. The bolting procedure is carried out in two operational stages separated by a pause, namely an application stage (L) and a tightening stage (Z). Each of these operational stages terminates when a specific shutdown bolting torque is reached. Due to the control by the depth sensor, the bolting angular speed is lowered from its initial value when approaching the application stage to a final value which, when the shutdown bolting torque is reached, allows stopping without overloading.

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑪ **DE 3620137 A1**

⑤① Int. Cl. 4:
B25B 23/147
H 02 P 6/02

②① Aktenzeichen: P 36 20 137.5
②② Anmeldetag: 14. 6. 86
④③ Offenlegungstag: 17. 12. 87

Behördenstempel

DE 3620137 A1

⑦① Anmelder:
Wilhelm, Raimund, 7080 Aalen, DE

⑦④ Vertreter:
Schroeter, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 7070
Schwäbisch Gmünd

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-AS 23 30 309
DE-AS 19 54 846
DE-OS 29 30 430
DE-OS 27 25 502
DE-OS 27 08 923

DE-Z: Maschine + Werkzeug, 1985, H.19, S.10-14;

⑤④ Schraubmaschine und Verfahren zu ihrem Betrieb

Eine Schraubmaschine zum Ein- und Festdrehen von Schrauben oder Muttern. Bei einem Schraubvorgang sollen außer dem Schraubdrehmoment noch andere wesentliche Meßdaten erfaßt werden. Durch eine echte Regelung soll erreicht werden, daß einerseits der Schraubvorgang in sehr geringer Zeit durchführbar ist, andererseits mit Sicherheit eine unzuträglich hohe Reibung zwischen den zu verschraubenden Teilen und damit deren Verschweißung vermieden werden. Die Schraubmaschine hat einen Motor mit einem Untersetzungsgetriebe und eine Spindel zur Aufnahme eines Schraubwerkzeuges. Zwischen Motor und Spindel ist ein Drehmomentsensor angeordnet. Die Spindel ist mit einem mit einer Regelschaltung verbundenen Tiefensensor zum Messen der Einschraubtiefe ausgerüstet. Ein Drehzahl-sensor ist mit der Regelschaltung verbunden und dient zum Messen der Motor- oder Spindeldrehzahl. Der Schraubvorgang wird in zwei durch eine Verweilzeit getrennte Verfahrens-stufen durchgeführt, nämlich einer Anlegestufe und einer Anziehstufe. Jede dieser Verfahrens-stufen wird beendet, wenn ein bestimmtes Abschalt-Schraubdrehmoment erreicht ist. Unter Steuerung durch den Tiefensensor wird die Schraubdrehzahl von ihrem Anfangswert her bei Annäherung an den Anlegzustand auf einen Endwert gesenkt, der bei Erreichen des Abschalt-Schraubdrehmoments ein Anhalten ohne Überbeanspruchung gestattet.

DE 3620137 A1

Patentansprüche

1. Schraubmaschine zum Ein- und Festdrehen von Schrauben oder Muttern, mit folgenden Bauteilen:

- a) einem Motor, (insbesondere mit Untersetzungsgetriebe),
- b) einer Spindel zur Aufnahme eines Schraubwerkzeuges, insbesondere Steckschlüssels,
- c) einem Drehmomentsensor (5), der zwischen dem Motor und der Spindel angeordnet ist und mit beiden in Antriebsverbindung steht,

gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- d) es ist eine Regelschaltung für den Schraubvorgang vorgesehen,
- e) die Spindel ist mit einem mit der Regelschaltung verbundenen Tiefensensor zum Messen der Einschraubtiefe ausgerüstet,
- f) es ist ein mit der Regelschaltung verbundener Drehzahlsensor zum Messen der Motor- oder Spindeldrehzahl vorgesehen.

2. Schraubmaschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) zum Antrieb der Spindel dient ein bürstenloser Motor,
- b) der Motor hat ein Untersetzungsgetriebe mit unveränderbarem Übersetzungsverhältnis,
- c) die Kommutierung des Motors ist als Drehzahlsensor ausgestaltet.

3. Schraubmaschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) die Spindel hat eine Antriebswelle (11) und eine ihr gegenüber und entgegen der Kraft einer Feder (22) begrenzt axial verschiebbare Abtriebswelle (13),
- b) das äußere Ende der Antriebswelle ist innerhalb des inneren Endes der Abtriebswelle axial verschiebbar und drehfest gelagert,
- c) zur Bildung des Tiefensensors ist in einer maschinenfesten Hülse (17), die zumindest Teile der Antriebswelle und der Abtriebswelle umgibt, eine Spule (20) untergebracht, innerhalb derer das innere Ende der Abtriebswelle unter Änderung der Induktivität der Spule verschiebbar ist. (Fig. 1)

4. Schraubmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) innerhalb der Schraubmaschine, insbesondere der Spindel, ist ein elektronischer Speicherbaustein (35) untergebracht, in dem Parameter der Spindel, ihres Antriebes und der Sensoren gespeichert sind,
- b) der Speicherbaustein ist über den Drehmomentsensor (5) an die Regelschaltung anschließbar. (Fig. 2)

5. Schraubmaschine nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

a) der Drehmomentsensor hat zwei oder insbesondere vier Dehnungsmeßstreifen (28a-d) in Brückenschaltung,

b) die Größe des elektrischen Widerstandes eines der Zweige der Brücke ist über einen elektronischen Schalter (Transistor 37), insbesondere durch Parallelschalten eines Festwiderstandes (38), willkürlich veränderbar, derart, daß sich dadurch ein von der Brücke erzeugtes und der Regelschaltung zur Übertragung von Einstellwerten zugeführtes Kontrollsignal ändert,

c) zur Betätigung des elektronischen Schalters dient eine Impulsfolge, die der Speicherbaustein unter dem Einfluß von ihm zugeführten Taktimpulsen abgibt. (Fig. 2-4)

6. Verfahren zum Betrieb einer Schraubmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schraubvorgang in zwei durch eine Verweilzeit getrennten Verfahrensstufen, der Anlegestufe und der Anziehstufe, durchgeführt wird, deren jede bei Erreichen eines für sie vorbestimmten Abschalt-Schraubdrehmoments (M_{AL} , M_{AZ}) beendet wird. (Fig. 5)

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der Anlegestufe, unter Steuerung durch den Tiefensensor die Schraubdrehzahl n von ihrem Anfangswert her bei Annäherung an den Anlegezustand, in dem der Schraubenkopf oder die Mutter die Unterlage berührt, auf einen Endwert (Abschalt-Schraubdrehzahl n_{AL} , n_{AZ}) gesenkt wird, der bei Erreichen des Abschalt-Schraubdrehmoments (M_{AL}) ein Anhalten ohne Überbeanspruchung gestattet.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige Schraubdrehzahl n unter laufender Messung des jeweiligen Schraubdrehmoments M nach folgender Formel geregelt wird:

$$n = n_{max} - \frac{n_{max} - n_{min}}{M_A} \cdot M,$$

worin bedeuten:

n_{max} maximale Schraubdrehzahl in der Anlege- bzw. Anziehstufe

n_{min} minimale Schraubdrehzahl in der Anlege- bzw. Anziehstufe

M_A Abschalt-Schraubdrehmoment am Ende der Anlege- bzw. Anziehstufe

Beschreibung

Stand der Technik, Aufgabe, Lösung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schraubmaschine mit den im Oberbegriff von Anspruch 1 genannten Bauteilen.

Schraubmaschinen dieser Art werden in der maschinellen Fertigung, z. B. in der Automobilindustrie verwendet. Anwendungsbeispiele sind das Anschrauben eines Motorblocks an die tragenden Fahrzeugteile, das Aufschrauben des Zylinderkopfdeckels, das Zusammenschrauben der Bestandteile von Pleuellagern.

Bisher wurden Schraubvorgänge lediglich gesteuert, und zwar nach folgendem Schema: Eine Spindel mit Schraubwerkzeug, das den Kopf eines Schraubbolzens

oder eine Mutter erfaßt, wird von einem Motor angetrieben. Nach dem Einschalten des Motors mißt ein Drehmoment-Sensor laufend das vom Motor über die Spindel und von dieser auf Schraube oder Mutter übertragene Drehmoment. Sobald ein vorbestimmtes Drehmoment erreicht war, wurde die Stromzufuhr zum Motor abgeschaltet. Für eine rationelle Fertigung ist eine relativ hohe Schraubdrehzahl erforderlich. Zuerst muß die Schraube in ihrer ganzen Länge eingedreht werden oder eine Mutter über die ganze verfügbare Gewindelänge eines Schraubbolzens gedreht werden. Hierfür ist eine hohe Drehzahl erforderlich. Erreicht der Schraubenkopf oder die Mutter ihre Unterlage, steigt das Drehmoment an. Infolge des Trägheitsmoments der sich drehenden Teile von Motor und Spindel ergibt sich keine wesentliche Drehzahländerung. Infolgedessen wird die Verschraubung bis zum Erreichen des Abschaltpunktes mit gleichbleibender Drehzahl durchgeführt.

Die hohe Eindrehgeschwindigkeit und das ansteigende Drehmoment verursachen durch die Reibung Wärmeenergie. Die entsprechende Leistung kann folgendermaßen berechnet werden:

$$P = K \cdot M \cdot n$$

Darin bedeuten:

P = Leistung K = Konstante M = Drehmoment n = Drehzahl

Während der Verschraubung wird jedoch nur auf den Drehmoment-Abschaltpunkt geachtet. Die Drehzahl wird hierbei unberücksichtigt gelassen.

Dadurch kommt es gelegentlich zu Verschweißungen (in der Fachsprache "Kaltverschweißung" genannt) der aufeinander bewegten Flächen, nämlich Kopf oder Mutter und Unterlage sowie den beiden Teilen des Gewindes. Verschweißte Verschraubungen sind später entweder überhaupt nicht mehr oder nur unter großem Aufwand wieder zu lösen.

In Fertigungsstraßen der Automobilindustrie müssen nacheinander, je nach Lieferprogramm, Motoren mit Zylinderblöcken und/oder Zylinderköpfen aus Stahl und aus Aluminium verarbeitet werden, wozu dieselben Schraubmaschinen benutzt werden müssen. Die Schraubbolzen müssen aber je nach Material mit unterschiedlichen Anziehdrehmomenten angezogen werden. Der Bediener ist daher genötigt, die Schraubmaschinen jeweils auf die geforderten Drehmomente umzustellen. Außer dem Drehmoment müssen normalerweise auch andere Daten, wie Getriebefaktor des Motor-Untersetzungsgetriebes, die maximale Motordrehzahl und die Winkelauflösung eingegeben werden.

Wesentlich für das Verschrauben von Stahl oder Aluminium ist unter anderem die Motordrehzahl, da bei beiden Materialien unterschiedliche Reibungswerte auftreten. Stahl hat eine wesentlich rauhere Oberfläche, so daß für Stahl niedrigere Drehzahlen angewandt werden müssen als für Aluminium, damit es nicht zu Wärmeentwicklungen und den oben erwähnten Kaltverschweißungen kommt. Andererseits sollte zur Zeiterparnis Aluminium mit der dafür zulässigen höheren Drehzahl verschraubt werden.

Die Drehzahl konnte bisher nur über ein Potentiometer eingestellt werden und war nur über ein gesondert zu bedienendes Drehzahl-Meßgerät erfaßbar. Die jeweils erforderlichen Daten sind in Datenblättern enthalten. Es müssen die korrekten Datenblätter herausgesucht und die Daten von Hand eingegeben werden, was, abgesehen von dem Arbeitsaufwand, das Risiko falscher

Eingaben und damit schlechter (zu loser oder zu fester und verschweißter) Verschraubungen mit sich bringt.

Hinzu kommt, daß äußerlich gleich aussehende Schraubspindeln unterschiedliche Untersetzungsgetriebe haben können, ohne daß dies immer eindeutig auf den Schraubspindeln angegeben ist.

Durch die vorliegende Erfindung soll eine Schraubmaschine geschaffen werden, bei der außer dem Schraubdrehmoment noch andere für den Schraubvorgang wesentliche Meßdaten erfaßt werden und bei der diese nach Art einer echten Regelung zum Steuern des Schraubvorgangs verwendet werden, so daß einerseits der Schraubvorgang in sehr geringer Zeit durchgeführt werden kann, andererseits aber mit Sicherheit eine unzuträglich hohe Reibung zwischen den zu verschraubenden Teilen und damit Verschweißungen vermieden werden. Beim Schraubvorgang sollen verschiedene Meßdaten erfaßt und zu einer echten Regelung des Schraubvorgangs ausgewertet werden.

Diese Aufgabe wird gemäß Anspruch 1 gelöst. (Die folgenden Ausführungen beziehen sich u. a. auf die Wortlaute der Ansprüche.)

Außer dem Schraubdrehmoment wird nach der Erfindung auch die Einschraubtiefe erfaßt. Die Spindel ist mit einem Tiefensensor ausgestattet, der während des Schraubvorgangs Signale über die jeweils erreichte Schraubtiefe und/oder den noch vorhandenen Abstand zwischen Schraubkopf oder Mutter und der Unterlage an die Regelschaltung gibt.

Ferner wird laufend auch die Drehzahl (Winkelgeschwindigkeit) des Motors und damit der Schraubspindel erfaßt und der Regelschaltung mitgeteilt. Unter Berücksichtigung dieser laufend zur Verfügung stehenden Meßgrößen ist es möglich, den Schraubvorgang optimal durchzuführen, wobei Schraube oder Mutter bis zu dem gewünschten Anziehdrehmoment angezogen werden, und die Verschraubung in der kürzestmöglichen Zeit, sowie ohne Beschädigungen durchgeführt werden.

Der Schraubvorgang wird in zwei Stufen durchgeführt, nämlich zuerst einer Anlegestufe, die beim Berühren von Schraubkopf oder Mutter mit ihrer Unterlage beendet ist. Nach einer Verweilzeit beginnt eine zweite Stufe, die Anziehstufe, in der die Verschraubung bis zu einem vorgegebenen Drehmoment angezogen wird.

Mit Hilfe des Tiefensensors ist es möglich, in der Anlegestufe kurz vor der Berührung von Schraubkopf oder Mutter mit der Unterlage die Drehzahl zu senken, so daß die Anlegestufe mit hoher Genauigkeit bei Erreichung des vorgegebenen Anlegemoments beendet werden kann. Eine Genauigkeit von 1% des Drehmoments ist erzielbar.

Die Tiefenmessung dient einer weiteren Kontrolle: Ist die Bohrung für eine Schraube zu kurz oder reicht das Gewinde nicht weit genug in die Bohrung hinein (beides als "Sackloch" bezeichnet) oder befindet sich ein Fremdkörper in der Bohrung, so wird durch die Tiefenkontrolle und gleichzeitige Drehmomentkontrolle festgestellt, daß zwar das Anlegedrehmoment, aber noch nicht die erforderliche Schraubtiefe erreicht wurden, und es kann ein Fehlersignal gegeben werden.

Weiterbildungen der Erfindung

Bisher wurden zum Antrieb Gleichstrommotoren verwendet. Diese haben jedoch ein sehr geringes Drehmoment und müssen mit entsprechen hoher Drehzahl betrieben werden. Damit war es erforderlich, das Unter-

setzungsgetriebe umschaltbar zu machen. Der Schraubvorgang wurde in zwei Stufen durchgeführt. In einer ersten Stufe wurde eine geringe Untersetzung angewandt, also mit hoher Drehzahl geschraubt, bis der Schraubkopf oder die Mutter die Unterlage berührte. Dann wurde der Motor ausgeschaltet, das Getriebe mechanisch auf eine niedrigere Abtriebsdrehzahl umgeschaltet und damit das Drehmoment erhöht. Ein Umschaltgetriebe unterliegt einem erheblichen mechanischen Verschleiß und ist nicht unbedingt betriebssicher, da es in einem falschen Gang hängenbleiben kann.

Um diese Nachteile zu vermeiden, kann nach Anspruch 2 zum Antrieb der Spindel ein bürstenloser Motor verwendet werden. Derartige Motoren erreichen bekanntermaßen wesentlich höhere Drehzahlen und geben wesentlich höhere Drehmomente ab als Gleichstrommotoren. Es ist daher möglich, mit einem Untersetzungsgetriebe von unveränderbarem Untersetzungsverhältnis auszukommen, wodurch Getriebeumschaltvorgänge mit den beschriebenen Nachteilen entfallen.

Damit werden sowohl die Schraubmaschine als auch Einstellvorgänge vereinfacht. Besonders vorteilhaft ist, daß die Kommutierung des Motors als Drehzahl-Sensor ausgestaltet werden kann und somit kein gesondertes Gerät für diese Drehzahlmessung erforderlich ist.

Nach Anspruch 3 läßt sich zur Tiefenmessung eine in der Spindel selbst untergebrachte Spule verwenden, deren Induktivität durch eine Längenänderung der Spindel beim Schraubvorgang geändert wird und als Tiefenmeßgröße dient.

Für verschiedene Schraubvorgänge (verschiedene Materialien der zu verschraubenden Teile sowie unterschiedliche Längen und Dicken der Schrauben) müssen verschiedene Spindeln verwendet werden. Jede Spindel muß nach ihrem Einbau mit der Regelschaltung verbunden werden, und der Regelschaltung müssen auf irgendeine Weise die Parameter der Spindel und ihres Antriebs mitgeteilt werden. Damit dies nicht von Hand geschehen muß, was Zeitaufwand bedingt und eine Fehlerquelle darstellt, kann nach Anspruch 4 ein elektronischer Speicherbaustein vorgesehen sein, der in der Spindel selbst untergebracht ist und der beim Anschließen an die Regelschaltung diese mit den notwendigen Daten zu ihrer Einstellung beliefert.

Nach Anspruch 5 läßt sich erreichen, daß der elektronische Speicherbaustein, der die Parameter der Spindel, ihres Antriebes und der Sensoren enthält, beim Anschließen einer Spindel an die Regelschaltung von sich aus, und zwar über den Drehmomentsensor der Spindel, eine Impulsfolge an die Regelschaltung abgibt, die alle erforderlichen Parameter in die Regelschaltung einspeist, wodurch diese der Spindel angepaßt wird.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben der Schraubmaschine. So kann nach Anspruch 6 der Schraubvorgang in zwei durch eine Verweilzeit getrennte Verfahrensstufen, nämlich der Anlegestufe und der Anziehstufe durchgeführt werden, wobei jede dieser Stufen bei Erreichen eines vorbestimmten Drehmoments beendet werden kann.

Nach Anspruch 7 läßt sich in der Anlegestufe unter Tiefenmessung die Schraubdrehzahl bei der Annäherung an den Anlegezustand auf einen zulässigen Endwert herunterregeln, der ein Abschalten ohne Gefährdung der verschraubten Teile gestattet.

Nach Anspruch 8 läßt sich in beiden Stufen die Schraubdrehzahl n unter dem Einfluß des jeweils gemessenen Schraubdrehmoments M nach einer recht einfachen Formel steuern, nach der mit zunehmendem

Schraubdrehmoment die Drehzahl herabgesetzt wird. Dadurch werden die oben beschriebenen Schäden beim Anlegen oder Festziehen mit Sicherheit ausgeschlossen.

Ausführungsbeispiele mit weiteren Merkmalen der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben.

Fig. 1 zeigt in Seitenansicht eine Spindel nach der Erfindung.

Fig. 2 zeigt eine Schaltung mit einem Speicherbaustein und dient zum Einspeichern von Einstelldaten in die Regelschaltung.

Fig. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf eines Clock-Eingangssignals für den Speicherbaustein.

Fig. 4 zeigt den Verlauf eines typischen Ausgangssignals des Speicherbausteins.

Fig. 5 zeigt den zeitlichen Verlauf des Schraubdrehmoments M in der Anlege- und der Anziehstufe.

Fig. 6 zeigt entsprechend den Verlauf der Motordrehzahl n .

Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform einer Spindel nach der Erfindung. Nicht dargestellt ist ein an sich bekannter bürstenloser Motor, der zum Antrieb der Spindel über ein Untersetzungsgetriebe 1 dient, das nur schematisch und teilweise dargestellt ist. Das Untersetzungsgetriebe hat ein konstantes Untersetzungsverhältnis, ist also nicht auf eine abweichende Abtriebsdrehzahl umschaltbar. Für jede Spindel sind ein bestimmter Motor und ein bestimmtes Untersetzungsgetriebe vorgesehen. Beide sind passend insbesondere zum Durchmesser der Schraube oder Mutter gewählt. Die Abtriebswelle 3 des Untersetzungsgetriebes ist drehfest mit dem Eingang eines Drehmomentsensors 5 verbunden, der üblicherweise auch als "Kraftmeßdose" oder "Kraftmeßflansch" bezeichnet wird. Der Drehmomentsensor dient zur Messung des bei einem Schraubvorgang vom Motor auf Spindel und Schraube der Mutter übertragenen Drehmoments.

Eine Montageplatte 7 dient zur Befestigung der Spindel an einem Gerät, insbesondere Schwenkarm, mit dem die Spindel in Gebrauchslage gebracht werden kann. Die Montageplatte trägt ein Lagergehäuse 9, in dem die Antriebswelle 11 der Spindel drehbar gelagert ist. Die Antriebswelle hat unterhalb der Montageplatte achsparallele Nuten und Rippen und trägt in axialer Richtung verschiebbar eine rohrförmige Abtriebswelle 13 mit gleichartigen Nuten und Rippen. Die Abtriebswelle ist also nach Art einer Vielkeilnabe über die Antriebswelle gesteckt. Sie ist unten geschlossen und trägt einen Vierkant 15 od. dgl. zum Aufstecken eines Schraubwerkzeuges, insbesondere Schraubschlüssels, der dann auf den Schraubkopf oder die Mutter gesteckt wird.

Von der Montageplatte nach unten in Fig. 1 ragt eine Schutzhülse 17, die auf einen Gewindestutzen der Montageplatte 7 geschraubt ist, also abnehmbar ist. Die Schutzhülse enthält eine Spule 20. Die hohle Abtriebswelle 13, die aus ferromagnetischem Material, insbesondere Werkzeugstahl, besteht, stellt einen Spulenkern dar. Die Spule 20 wird umgeben von einer Schraubenfeder 22, die bestrebt ist, die Abtriebswelle aus der Schutzhülse 17 (bis zu einem nicht dargestellten Endanschlag) nach unten zu drücken. In der dargestellten Lage taucht die Abtriebswelle etwa zur Hälfte in die Spule ein, was einer bestimmten Induktivität der Spule entspricht. Durch tieferes Eindringen (also Hochschieben) oder Herausziehen der Abtriebswelle 13 wird die Induktivität der Spule geändert.

In Fig. 1 nicht dargestellte Leitungen führen die sich ergebenden Meßdaten, nämlich Induktivität der Spule

als Parameter für eine Schraubtiefe und das Drehmoment laufend einer nicht dargestellten Regelschaltung zu.

Fig. 2 zeigt in einer Prinzipschaltung eine Brücke 26, die aus vier Dehnungsmeßstreifen 28a bis 28d aufgebaut ist. Die Dehnungsmeßstreifen sind im Drehmomentsensor 5 in an sich bekannter Weise so angeordnet, daß sich ihre Wirkungen gegenseitig erhöhen, indem jeweils zwei auf Zug und gegensinnig geschaltete auf Druck beansprucht werden. Anstelle von vier können auch nur zwei Dehnungsmeßstreifen und zwei Festwiderstände in an sich bekannter Weise verwendet werden. Punkte 32 und 33 der Brücke liegen an einer Versorgungsgleichspannung. Punkte 30 und 31 stellen den Brückenausgang dar, von dem ein Kontrollsignal an die nicht dargestellte Regelschaltung abgegeben wird. Soweit bisher beschrieben, dient diese Schaltung zur Übertragung des jeweiligen Drehmoments an die Regelschaltung.

Außerdem soll diese Schaltung aber zur Übertragung von Parametern dienen, die für die Grundeinstellung der Regelschaltung, passend zu der jeweiligen Spindel und ihrem Antrieb erforderlich sind.

Alle erforderlichen Parameter sind in einem Speicherbaustein gespeichert, insbesondere einem Halbleiterbaustein. Der Halbleiterbaustein besteht aus einem programmier- und lesbaren Halbleiterspeicher. Das Auslesen der Information erfolgt in serieller Datenübertragung.

Dem Dehnungsmeßstreifen 28a ist über einen elektronischen Schalter 37 (hier ein NPN-Transistor) ein Widerstand 38 parallelgeschaltet. Die Basis des Transistors ist mit einem Ausgang 40 des Speicherbausteins 35 verbunden. Der Speicherbaustein hat einen Clock-Eingang 42.

Fig. 3 zeigt eine zeitliche Folge von Clock-Signalen, die dem Clock-Eingang 42 zugeführt werden. Entsprechend den im Speicherbaustein 35 gespeicherten Daten ergibt sich an dessen Ausgang 40 eine Impulsfolge, von der Fig. 4 ein Beispiel zeigt. Je nach den am Ausgang 40 und damit am Kollektor des Transistors 37 auftretenden Signalen wird abwechselnd der Widerstand 38 zum Dehnungsmeßstreifen 28a parallel geschaltet oder die Parallelschaltung unterbrochen. Die Brücke wird also im Rhythmus der Ausgangssignale des Speicherbausteins verstimmt. Damit überlagert sich dem von der Brücke abzugebenden Drehmomentsignal unter dem Einfluß der Clock-Signale eine Folge von Signalen, die Angaben über die wesentlichen Parameter enthalten.

In dem Speicherbaustein 35 können für eine bestimmte Spindel, die mit einem bestimmten Drehmomentsensor ausgerüstet und mit einem bestimmten Motor und Untersetzungsgetriebe versehen ist, folgende Parameter gespeichert sein:

Motor:	Maximale Drehzahl
	Maximale Stromaufnahme
Getriebe:	Quotient der Getriebeuntersetzung
Drehmomentsensor:	Nenngröße in Nm
(Kraftdose)	Empfindlichkeit in mV/V
Tiefensensor:	Tiefenmaß in mm/V
Gesamtwirkungsgrad der Spindel:	Verhältnis der zugeführten zur abgegebenen Leistung

In der Regelschaltung werden aus den vom Speicherbaustein her eingelesenen Werten folgende Werte be-

rechnet, die später bei der Regelung der Schraubvorgänge verwendet werden:

Maximale Drehzahl der Abtriebswelle als Quotient der maximalen Motordrehzahl und des Getriebefaktors und der Getriebeuntersetzung;

Winkelauflösung als Impulse/Grad der Kommutierung des bürstenlosen Motors, multipliziert mit der Getriebeuntersetzung;

Der Wirkungsgrad W .

Die Kommutierungsimpulse werden vom Motor direkt abgegriffen. Sie können z. B. eine Auflösung von 7,5°/Impuls haben.

Während eines Schraubvorganges muß der Wirkungsgrad W überwacht werden, nämlich der Quotient der abgeführten zur zugeführten Leistung

$$W = P_{ab} : P_{zu} \quad (1)$$

Darin sind $P_{zu} = U \cdot I$, nämlich das Produkt aus dem vom Motor aufgenommenen Strom bei seiner Eingangsspannung.

Die abgeführte Leistung P_{ab} ist eine Funktion f des jeweiligen Schraubdrehmoments und der jeweiligen Schraubdrehzahl

$$P_{ab} = f(M \cdot n) \quad (2)$$

Wird bei einem Schraubvorgang der Wirkungsgrad W kleiner als der nach Formel 1 errechnete vorgegebene Wirkungsgrad, so ist dies ein Anzeichen für erhöhte Reibung innerhalb der Lager der Spindel und kündigt einen möglichen Ausfall der Spindel an. Es wird ein Warnsignal gebildet.

Eine Signalfolge, die diese Parameter enthält, wird auf die Regelschaltung nur zu Anfang übertragen, nämlich nach dem Einbau der Spindel und auf Anfrage der Regelschaltung. Die in der Regelschaltung dann gespeicherten Parameter dienen als Grundlage für die Regelung bei allen gleichartigen Schraubvorgängen derselben Spindel.

Wird die Spindel ausgetauscht und/oder werden die Daten des Schraubvorgangs geändert, wie Material, Länge und Durchmesser der Schraube, so müssen dafür zusätzliche Daten eingegeben werden, die sich aber nicht in dem Speicherbaustein befinden. Der Speicherbaustein ist in der Spindel selbst untergebracht und enthält nur die für die Spindel und ihren Antrieb typischen Parameter.

Die Fig. 5 und 6 zeigen den zeitlichen Verlauf des Schraubdrehmoments M bzw. der Schraubdrehzahl n bei einem typischen Schraubvorgang. Wie erwähnt, wird der Schraubvorgang in zwei zeitlichen Abschnitten durchgeführt, der Anlegestufe L und der Anziehstufe Z , die durch eine Verweilzeit V voneinander getrennt sind.

Die Anlegestufe beginnt mit maximaler Drehzahl n_{max} und einem zunächst ansteigenden Schraubdrehmoment M . Während z. B. die Schraube eingedreht wird, bewegt sich (Fig. 1) unter dem Einfluß der Schraubenfeder 22 die Abtriebswelle 13 gegenüber der Schutzhülse 17 abwärts, wodurch die Induktivität der Spule sinkt. Das von der Spule abgegebene Signal wird in ein Maß für die Schraubtiefe verwandelt und mit einem vorher eingestellten Endwert der Schraubtiefe verglichen. Der Endwert entspricht dem Anlegen des Schraubenkopfes oder der Mutter an die Unterlage. Unter dem Einfluß des Tiefensignals wird das Schraubdrehmoment M heruntergeregt, so daß es am Ende der Anlegestufe L einen endlichen Wert M_{AL} erreicht. Damit wird zwangsläufig

auch die Drehzahl n heruntergeregelt, und zwar nach der Formel

$$n = n_{max} - \frac{n_{max} - n_{min}}{M_A} \cdot M, \quad (3)$$

worin bedeuten:

n_{max} maximale Schraubdrehzahl in der Anlege- bzw. Anziehstufe

n_{min} minimale Schraubdrehzahl in der Anlege- bzw. Anziehstufe

M_A Abschalt-Schraubdrehmoment am Ende der Anlege- bzw. Anziehstufe

Formel 3 bedeutet vereinfacht:

$$n = n_{max} - k \cdot m \quad (4)$$

worin k eine Konstante bedeutet.

Die Drehzahl n wird also von ihrem Maximalwert her heruntergeregelt, und zwar wird sie mit zunehmendem Drehmoment kleiner, bis sie einen Endwert erreicht, der größer ist als null.

Die Formel 1 gilt sowohl für die Anlegestufe L wie auch für die Anziehstufe Z . Der Wert M_A bedeutet das Schraubdrehmoment, das am Ende der Anlege- bzw. Anziehstufe erreicht werden soll.

Auf die Anlegestufe folgt eine Verweilzeit, die sicherstellen soll, daß bei mehreren einzudrehenden Schrauben oder dergleichen in allen Fällen die Anlegestufe abgeschlossen ist. Sollte ein Schraubvorgang nicht durchführbar sein, z. B. weil ein Sackloch vorhanden ist, so kann nun der ganze Schraubvorgang abgebrochen oder nach Beseitigung eines Fehlers, z. B. Entfernung eines Fremdkörpers aus dem Schraubloch, für die eine Schraube wiederholt und dann für alle in der Anziehstufe fortgesetzt werden.

Bei einem Schraubvorgang wird ständig das Schraubdrehmoment ermittelt und in die Regelschaltung eingelesen. Sowohl für die Anlegestufe wie auch für die Anziehstufe wird je ein Abschalt-Schraubdrehmoment M_A vorgegeben. Diese Abschalt-Schraubdrehmomente haben einen niedrigen Wert für die Anlegestufe und einen wesentlich höheren Wert für die Anziehstufe. Von der Regelschaltung wird zu jedem laufend gemessenen und eingelesenen Schraubdrehmoment nach Formel 3 die zugehörige Schraubdrehzahl eingeregelt.

In der Anlegestufe wird, wie Fig. 6 zeigt und wie sich aus Formel 3 ergibt, die Drehzahl nicht bis auf Null sondern auf einen gefahrlosen Wert n_{AL} heruntergefahren, der zu keinen mechanischen Beschädigungen führen kann, es aber gestattet, den Schraubvorgang in einer optimal niedrigen Zeit durchzuführen.

In der Anziehstufe wird wiederum mit maximaler Drehzahl n_{max} begonnen. Die Drehzahl wird wiederum anhand der Formel 3, hier auf einen Endwert n_{AZ} heruntergeregelt. Das Schraubdrehmoment wird bis zu einem vorbestimmten Endwert M_{AZ} hochgefahren, der sich aus Formel 3 ergibt.

In beiden Stufen wird beim Erreichen des vorgegebenen Abschalt-Schraubdrehmoments M_{AL} bzw. M_{AZ} der Motor abgeschaltet.

Bezugszeichen

- 1 Untersetzungsgetriebe
- 3 Abtriebswelle
- 5 Drehmomentsensor
- 7 Montageplatte

- 9 Lagergehäuse
- 11 Antriebswelle
- 13 Abtriebswelle
- 15 Vierkant
- 17 Schutzhülse
- 18 Gewinde
- 20 Spule
- 22 Schraubenfeder
- 26 Brücke
- 28a-d Dehnungsmeßstreifen
- 30-33 Punkte der Brücke
- 35 Speicherbaustein
- 37 Elektronischer Schalter (NPN-Transistor)
- 38 Widerstand
- 40 Ausgang
- 42 Clock-Eingang

- A (Index) Abschaltgröße
- L Anlegestufe
- M Schraubdrehmoment
- n Schraubdrehzahl
- t Zeit
- V Verweilzeit
- Z Anziehstufe

- Leerseite -

Nummer:	36 20 137
Int. Cl. ⁴ :	B 25 B 23/147
Anmeldetag:	14. Juni 1986
Offenlegungstag:	17. Dezember 1987

1/3

3620137

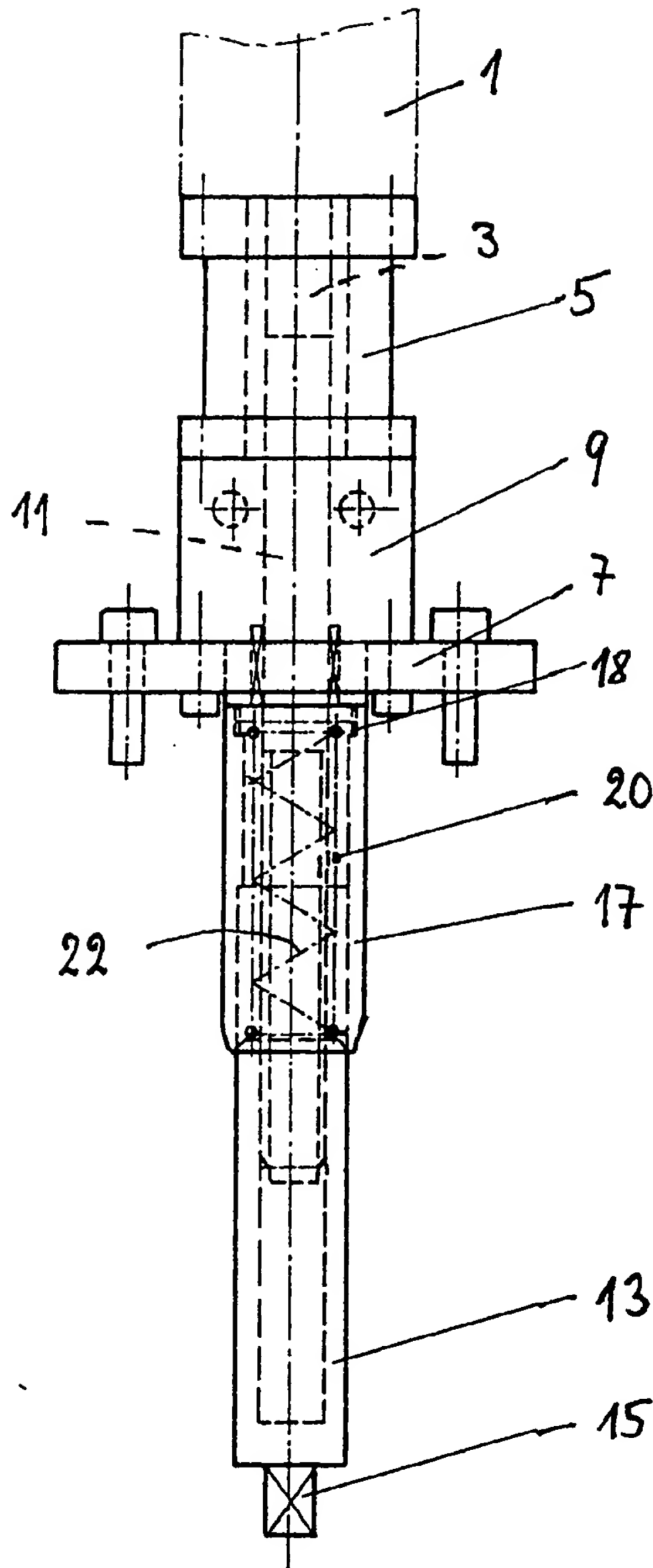


Fig. 1

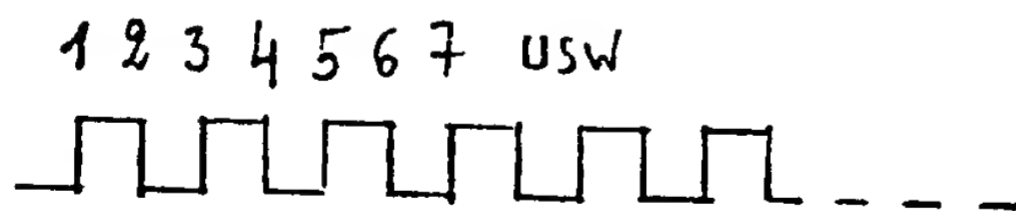
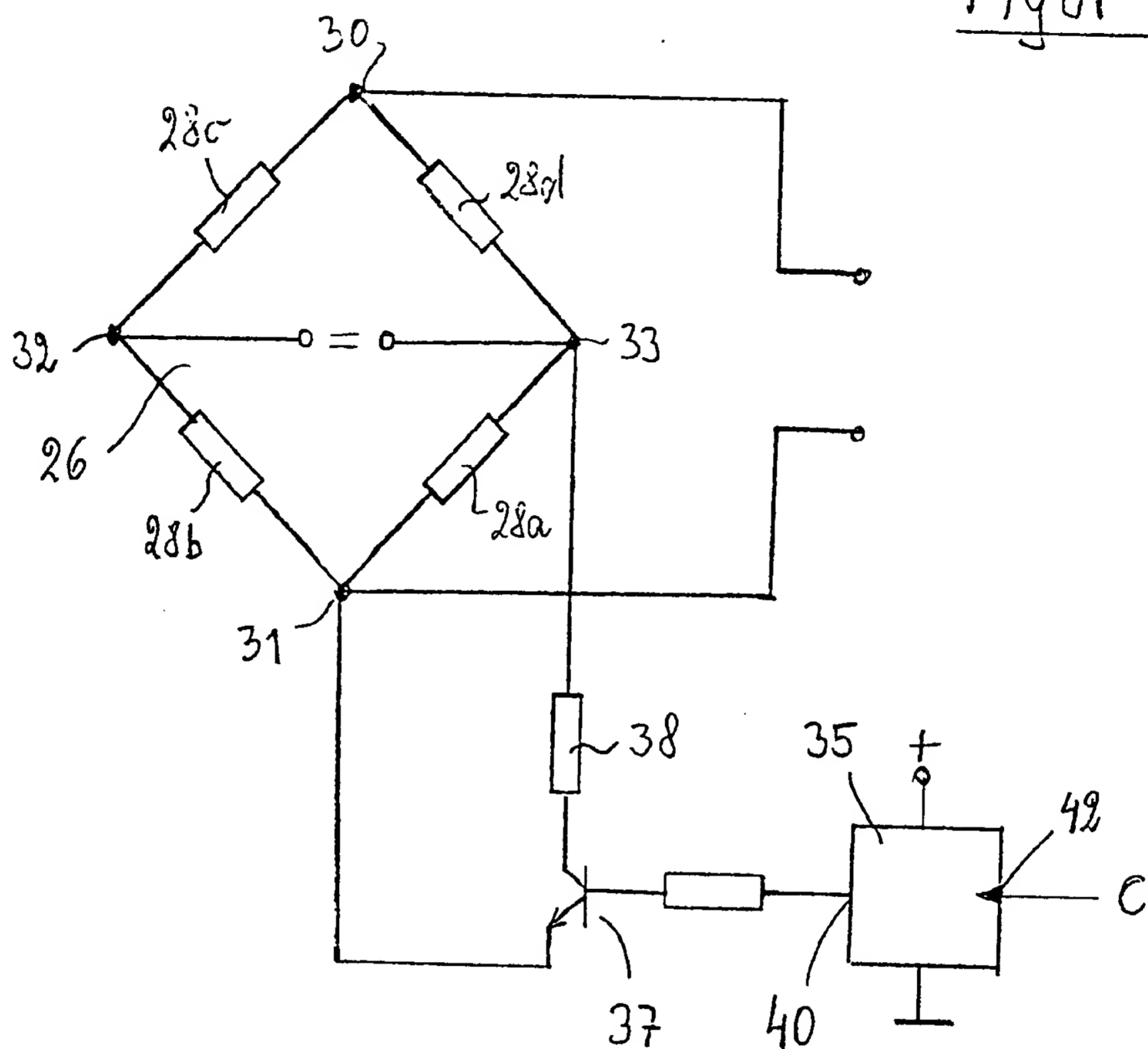
13.06.1986

708 851/353

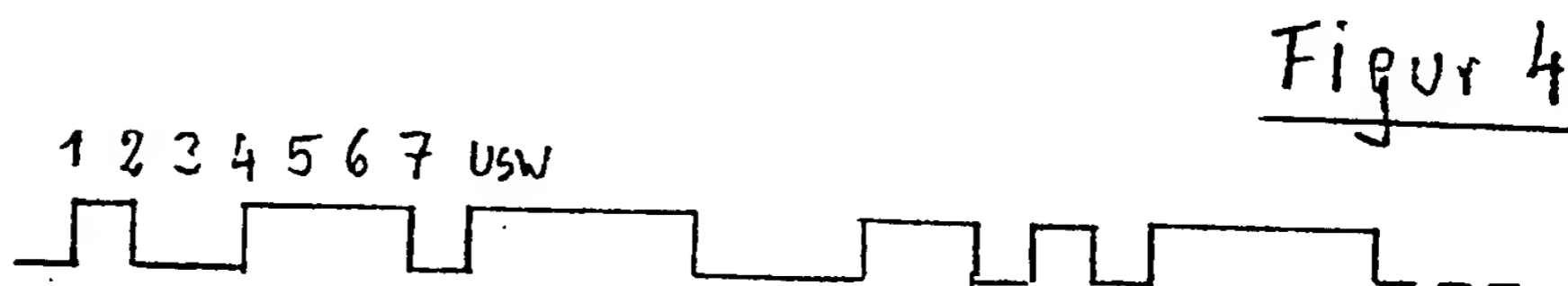
2/3

3620137

Figur 2



Figur 3



Figur 4

3620137

